



POTENSI BAKTERI ENDOFIT DARI TANAMAN JAHE SEBAGAI AGENS PENGENDALI HAYATI

Sabrina Ayu Kristianingrum¹, Andree Wijaya Setiawan², Ruth Meike Jayanti^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Krsiten Satya Wacana, Indonesia

Email: ruth.jayanti@uksw.edu

DOI: <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.12263>

Submit: 18-07-2024; Revised: 12-08-2024; Accepted: 16-08-2024; Published: 30-12-2024

ABSTRAK: Penggunaan pestisida sintetik tidak efektif mengurangi prevalensi penyakit karena menghasilkan residu dan tidak mendukung keanekaragaman hayati. Hal ini merupakan praktik yang tidak bijaksana dan dapat menimbulkan permasalahan di masa depan. Pemanfaatan mikroorganisme endofit banyak dilakukan untuk mengendalikan penyakit dan hama tanaman, karena dikenal memiliki mekanisme penghambatan patogen yang beragam. Agens hayati yang digunakan untuk menghambat patogen tanaman dan sudah banyak dikembangkan salah satunya adalah bakteri endofit. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk evaluasi potensi isolat bakteri endofit dari tanaman jahe sebagai agens pengendali hayati. Jenis penelitian yang dipakai deskriptif eksploratif. Pengambilan sampel tanaman jahe yang sehat dilakukan pada 5 titik di dua kecamatan yaitu Getasan dan Sumowono, Kabupaten Semarang. Isolasi dilakukan dengan mengambil tanaman jahe sehat dari bagian akar, rimpang, pelepah, dan daun. Karakterisasi dan seleksi isolat dilakukan melalui pengujian kemampuan melarutkan fosfat, penambat nitrogen, aktivitas amilase dan protease, dan uji antagonis dengan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. Hasil penelitian ini bahwa (1) 20 isolat murni berhasil diisolasi terdiri dari 2 isolat yang berasal dari daun, 4 isolat dari pelepah, 8 isolat dari akar, dan 6 isolat dari rimpang; (2) isolat D91 memiliki potensi sebagai agens hayati dengan mekanisme antagonis sebesar 86,91% didukung dengan aktivitas enzim protease, mampu melarutkan fosfat dan menambat nitrogen.

Kata Kunci: bakteri endofit, jamur patogen, mekanisme antagonis

ABSTRACT: The use of synthetic pesticides is not effective in reducing the prevalence of disease because it produces residues and does not support biodiversity. This is an unwise practice and can cause problems in the future. The use of endophytic microorganisms is widely used to control plant diseases and pests, because it is known to have various pathogen inhibition mechanisms. Biological agents that are used to inhibit plant pathogens and have been widely developed, one of which is endophytic bacteria. The purpose of the research was to evaluate the potential of endophytic bacterial isolate from ginger plants as biological control agents. The type of research used is descriptive and exploratory. Sampling of healthy ginger plants was carried out at 5 points in two sub-districts, namely Getasan and Sumowono, Semarang Regency. Isolation is carried out by taking healthy ginger plants from the roots, rhizomes, fronds, and leaves. Characterization and selection of isolates were carried out by testing their phosphate dissolving ability, nitrogen anchoring, amylase and protease activities, and antagonist tests with *Fusarium oxysporum* *in vitro*. The results of this study are that (1) 20 pure isolates were successfully isolated consisting of 2 isolates derived from leaves, 4 isolates from fronds, 8 isolates from roots, and 6 isolates from rhizomes; (2) D91 isolate has the potential as a biological agent with an antagonist mechanism of 86.91% supported by protease enzyme activity, able to dissolve phosphate and anchor nitrogen.

Keywords: endophytic bacteria, pathogenic fungi, antagonistic mechanisms

How to Cite: Kristianingrum, S., Setiawan, A., & Jayanti, R. (2024). Potensi Bakteri Endofit Dari Tanaman Jahe Sebagai Agens Pengendali Hayati. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 1749-1760. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.12263>



Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



PENDAHULUAN

Fungi patogen yang diketahui berpotensi menurunkan produksi tanaman antara lain *Fusarium oxysporum*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, dan *Pythium graminicorum* dianggap sebagai patogen tanaman pertanian. Penggunaan pestisida sintetik tidak efektif mengurangi prevalensi penyakit karena menghasilkan residu dan tidak mendukung keanekaragaman hayati. Hal ini merupakan praktik yang tidak bijaksana dan dapat menimbulkan permasalahan di masa depan seperti gangguan kesehatan, pencemaran lingkungan, dan terganggunya keseimbangan biodiversitas (Nafissa *et al.*, 2020). Oleh karena itu, perhatian harus diberikan pada alternatif pengendalian hama dan penyakit dengan menggunakan bahan baku yang tersedia secara alami dan ramah lingkungan. Pemanfaatan mikroorganisme endofit banyak dilakukan untuk mengendalikan penyakit dan hama tanaman, karena dikenal memiliki mekanisme penghambatan patogen yang beragam (Prayoga *et al.*, 2021).

Mikroorganisme endofit memiliki peran penting untuk praktik pertanian berkelanjutan, senyawa bioaktif yang dihasilkan dapat meningkatkan produktivitas tanaman tanpa menghambat laju pertumbuhan inangnya. Agens hayati yang digunakan untuk menghambat patogen tanaman dan sudah banyak dikembangkan salah satunya adalah bakteri endofit (Oktafiyanto *et al.*, 2018). Bakteri endofit hidup pada jaringan vaskular tanaman tanpa menghambat pertumbuhan tanaman inang dan memiliki simbiosis terhadap tanaman inang dengan memproduksi metabolit sekunder, antimikroba, antifungi, dll. Penggunaan bakteri endofit sebagai PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*) sudah banyak digunakan karena mampu mendukung pertanian berkelanjutan. Penelitian pengembangan tentang PGPB pada tanaman kelapa sawit ditemukan genus bakteri yang berfungsi sebagai PGPB diantaranya *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Burkholderia*, dan *Serratia* (Nor, 2020).

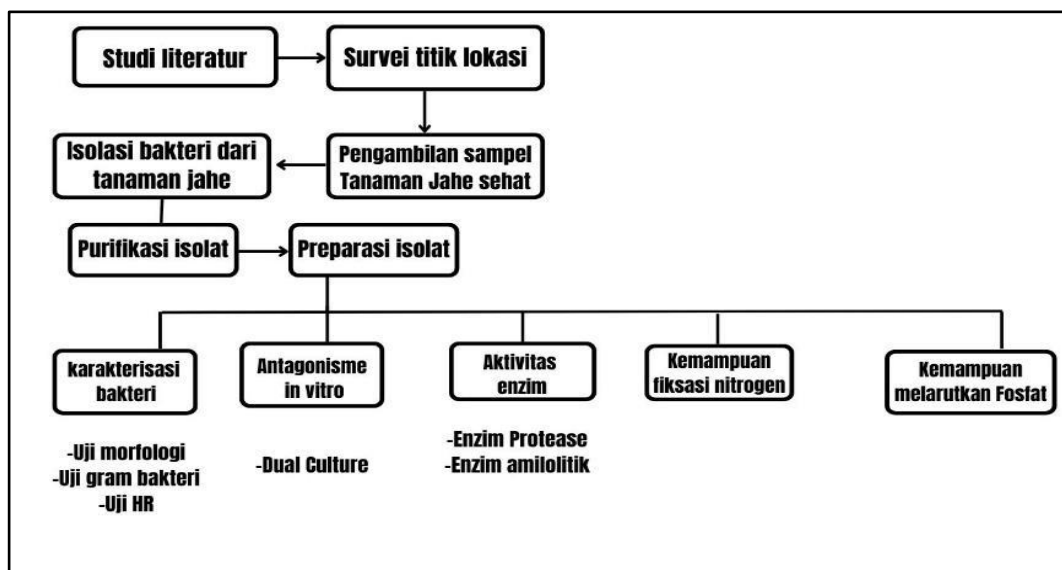
Bakteri endofit masuk ke jaringan tanaman dengan bantuan enzim hidrolase, enzim ini dapat menghidrolisis dinding sel ekstraseluler tanaman (Singh & Jagtap, 2017). Mekanisme pertahanan bakteri endofit dalam menekan patogen dapat bermacam-macam antara lain sebagai pemicu hormon pertumbuhan tanaman, antibiosis, *induced systemic resistance* (ISR), kompetisi, gangguan sinyal (*quorum sensing*) dan parasitisme (Jha *et al.*, 2013). Senyawa sekunder yang dihasilkan oleh bakteri endofit memiliki peran sebagai bakterisida dan agens penginduksi (*elicitor*) ketahanan tanaman terhadap penyakit. Mekanisme secara tidak langsung bakteri endofit diketahui sebagai agen biokontrol dengan memproduksi protease, kitinase, sianida ataupun antibiotik (Zhou *et al.*, 2016).

Mekanisme bakteri endofit secara langsung dapat memproduksi hormon pertumbuhan tanaman seperti *indole acetic acid*, etilen, sitokinin, asam giberelat, fiksasi nitrogen, pelarut fosfor, pelarut potasium, pengambilan unsur hara dan air, serta tahan terhadap cekaman dengan bantuan enzim ACC deaminase (Gupta *et al.*, 2015). Hasil penelitian sebelumnya telah ditemukan bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman temulawak memiliki kandungan antifungi terhadap *Candida albicans* (Milliana & Safitri, 2015). Dilaporkan juga *Bacillus subtilis* memiliki mekanisme antagonisme dengan *Fusarium oxysporum* dan *Pythium aphanidermatum* (Priyanka *et al.*, 2022). Untuk itu perlu dilakukan kajian tentang potensi bakteri endofit dari

tanaman jahe yang dapat menghambat salah satu patogen tanaman yaitu *Fusarium oxysporum*. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk evaluasi potensi isolat bakteri endofit dari tanaman jahe sebagai agens pengendali hayati

METODE

Penelitian ini dilakukan bulan Agustus 2023 - Juni 2024 di Laboratorium Fisiologi dan Proteksi Tanaman dan Kebun Kartini, Universitas Kristen Satya Wacana. Metode penelitian yang digunakan berupa metode deskriptif eksploratif dengan tahapan studi pustaka, survei, pengambilan sampel, pembuatan media kultur endofit, karakterisasi morfologi bakteri, uji antagonisme, dan uji enzimatik, pelarutan P dan fiksasi nitrogen bakteri endofit.



Gambar 1. Alur penelitian

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil 5 titik di dua kecamatan yaitu Getasan dan Sumowono, Kabupaten Semarang. Sampel yang dipilih merupakan tanaman jahe yang sehat dan tidak memiliki gejala terserang penyakit. Masing-masing titik lokasi diambil satu tanaman jahe yang diberi label kode nomor agar tidak tertukar pada saat mengisolasi. Setelah sampel didapatkan, disimpan pada tempat yang jauh dari jangkauan hama/penyakit.

Isolasi dan Purifikasi

Isolasi bakteri tanaman jahe dipisahkan berdasarkan bagian tanamannya yaitu akar, rimpang, pelepah, dan daun. Tanaman jahe dibersihkan dengan air mengalir kemudian dikering anginkan lalu dipotong sesuai bagian yang akan diisolasi. Masing-masing bagian direndam klorox 1% selama 3 menit, lalu dibilas dengan akuades, kemudian direndam dengan alkohol 70% selama 5 menit untuk menghilangkan kontaminasi, lalu dibilas air mengalir. Setelah itu, direndam dengan larutan fisiologis kemudian diambil dengan mikropipet 0.1 ml dan ditumbuhkan dengan metode *spread plate* pada media NA (*Nutrient agar*). Bakteri yang tumbuh

pada media dibedakan sesuai bentuk koloninya kemudian ditumbuhkan pada media YPGA (*Yeast peptone glucose agar*)- Purifikasi dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri dari media NA yang koloninya berbeda kemudian digoreskan pada media YPGA secara *streak plate*.

Karakterisasi Morfologi

Mengamati warna koloni, bentuk koloni, ukuran koloni, bentuk tepi koloni yang dicocokkan dengan determinasi menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Second Edition* (Brenner *et al.*, 2005).

1. **Uji gram bakteri.** Pengujian yang dilakukan berupa karakterisasi bakteri dengan uji gram bakteri menggunakan KOH 3% untuk menentukan apakah bakteri yang dikultur merupakan Gram positif atau Gram negatif dengan memasukkan 1 hingga 2 ose bakteri ke preparat, kemudian menambahkan 1 hingga 2 tetes KOH dan dicampur rata. Kemudian, tusuk gigi steril dimasukkan ke dalam campuran dan dikeluarkan perlahan. Jika jaring mukosa/ lendir terbentuk tanpa henti, maka bakteri yang dikultur adalah bakteri Gram-negatif, dan jika jaring mukosa terputus, bakteri yang dikultur adalah bakteri Gram-positif (Schaad, 2001).
2. **Uji hipersensitif.** Pengujian hipersensitif dilakukan untuk mengetahui isolat bakteri yang didapatkan di lapangan merupakan Bakteri Patogen Tanaman (BPT) atau tidak. Isolat murni dipanen dengan 2 ml akuades steril. Kemudian disuntikkan secara perlahan dengan spuit ke dalam jaringan daun tembakau. Isolat dinyatakan negatif responnya apabila tidak ada nekrosis yang diamati selama dua hari (Umesha *et al.*, 2008)
3. **Uji antagonisme.** Uji antagonisme *F. oxysporum* dengan isolat bakteri endofit dilakukan dengan metode *dual culture* (Keliat, 2017). Perhitungan persentase hambatan dilakukan saat data hasil pengukuran jari-jari *F. oxysporum* hari ke-7 setelah inokulasi bakteri endofit. Rumus yang digunakan untuk mengetahui penghambatan pertumbuhan miselium *F. oxysporum* oleh bakteri endofit yaitu:

$$I = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

I: Persentase penghambatan

R1: jari-jari koloni *F. oxysporum* yang merupakan kontrol

R2: jari-jari koloni *F. oxysporum* yang tumbuh ke arah bakteri endofit

Uji Proteolitik dan Amilolitik

Penelitian ini meliputi dua uji enzimatik yaitu uji proteolitik dan uji amilolitik. Uji amilolitik dilakukan dengan cara menumbuhkan isolat bakteri pada media SA (*Starch Agar*), kemudian diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya, ditetaskan iodin ke media SA tempat bakteri tumbuh. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya daerah bening disekitar koloni. Uji proteolitik dilakukan dengan membiakkan isolat bakteri pada media SMA (*Skim Milk Agar*) dan menginkubasinya selama 2x24 jam pada suhu 37 °C. Bakteri diamati tumbuh di media SMA. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar koloni (Choirunnisa *et al.*, 2018).



Uji pelarut Fosfat dan Fiksasi Nitrogen

Uji kemampuan bakteri melarutkan fosfat dilakukan dengan menumbuhkan bakteri pada media agar Pikovskaya. Kultur diinkubasi pada suhu 37°C selama 7 hari. Zona bening yang terbentuk menunjukkan adanya aktivitas pelarutan fosfat (Patel et al., 2016). Uji kemampuan bakteri melarutkan fosfat dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri pada media agar Jensen. Kultur diinkubasi pada suhu 37°C selama 7 hari dan hasil positif ditunjukkan munculnya zona bening di sekitar koloni (Buak et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi diperoleh 20 isolat terdiri dari 8 isolat berasal dari akar, 4 isolat dari berasal pelepah, 2 isolat dari daun, dan 6 isolat dari rimpang jahe. Koloni bakteri endofit dipengaruhi oleh faktor lingkungan biotik. Salah satunya yaitu pH tanah, pengambilan sampel di 5 titik Kecamatan Sumowono memiliki pH tanah sebesar 4.3 – 5.28. Untuk 5 titik sampel di Kecamatan Getasan memiliki pH sebesar 4.52 – 6.95. Dari data yang diambil juga menunjukkan Kecamatan Getasan memiliki lebih banyak jumlah isolat bakteri endofit yang diambil dari tanaman jahe daripada di Kecamatan Sumowono.

Karakterisasi Bakteri

Hasil isolasi bakteri yang diperoleh memiliki morfologi dengan keragaman yang cukup tinggi sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Morfologi dan Reaksi Hipersensitif Bakteri Endofit dari Tanaman Jahe

Kode Isolat	Asal	Bentuk	Warna	Ukuran	Tepi	Konsistensi	Gram KOH	HR
D91	Daun	Bulat	Krem	Besar	Rata	<i>Mucoid</i>	(+)	(-)
A91	Akar	Filamen	krem	Sedang	Berfilamen	<i>Dry</i>	(+)	(-)
A103	Akar	Bulat	Putih	Kecil	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
A1041	Akar	Bulat	Putih	Sedang	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
A1043	Akar	Bulat	Putih	Besar	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
R12	Rimpang	Bulat	Putih	Sedang	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(+)
R22	Rimpang	Bulat	Kuning	Besar	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
R231	Rimpang	Bulat	Putih	Kecil	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
R232	Rimpang	Bulat	Krem	Besar	Bergelombang	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
R252	Rimpang	Bulat	Putih	Besar	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
P232	Pelepah	Bulat	Krem	Besar	Rata	<i>Mucoid</i>	(+)	(-)
P233	Pelepah	Bulat	Kuning	Sedang	rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
A2321	Akar	Bulat	Putih	Kecil	Rata	<i>Mucoid</i>	(+)	(+)
A2322	Akar	Bulat	Putih	Sedang	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
R24	Rimpang	Tidak beraturan	Krem	Besar	Berlekuk	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
P251	Pelepah	Tidak beraturan	Krem	Kecil	Melengkung	<i>Mucoid</i>	(+)	(+)
A261	Akar	Bulat	Krem	Kecil	Rata	<i>Butyrous</i>	(+)	(-)
A251	Akar	Tidak beraturan	Krem	Kecil	Bergelombang	<i>Dry</i>	(-)	(+)
P231	Pelepah	Bulat	Putih	Besar	Rata	<i>Mucoid</i>	(-)	(+)



Kode Isolat	Asal	Bentuk	Warna	Ukuran	Tepi	Konsistensi	Gram KOH	HR
D112	Daun	Bulat	Kuning	Besar	Rata	Mucoid	(-)	(+)

Berdasarkan data pada Tabel 1 diketahui bahwa bentuk dominan dari isolat yaitu bulat dengan warna putih dan krem dengan ukuran sedang-besar tepi yang rata serta dengan konsistensi *butyrous*. Berdasarkan hasil uji gram dari 20 isolat bakteri, didapatkan 17 isolat bakteri gram positif dan 3 isolat bakteri gram negatif yaitu A25A, D11, dan P231. Ciri bakteri Gram negatif adalah adanya struktur unik seperti membran luar pada dinding sel. Membran luar ini berperan penting sebagai penghalang, efektif melindungi bakteri dari pengaruh luar dan senyawa biokimia seperti antibiotik (Zhou et al., 2023). 17 isolat bakteri endofit merupakan bakteri gram positif, bakteri gram positif memiliki dinding sel tebal dan lapisan lemak yang tipis. Metode uji gram dengan KOH, fokus menembus lemak dan membuat bakteri gram positif tidak terpengaruh, berbeda dengan bakteri gram negatif yang memiliki lapisan lemak tebal dan dinding sel yang tipis, (Chandra et al., 2011.)

Untuk pengujian hipersensitif didapatkan 5 isolat yang menyebabkan gejala nekrosis pada daun tembakau yaitu R12, A2321, A252, D11, dan P231. Gejala nekrosis pada area daun yang diinokulasi bakteri saat uji hipersensitif menunjukkan adanya respon resistensi tembakau terhadap keberadaan bakteri patogen. Sampel R12, A2321, dan P251 merupakan bakteri gram positif yang membawa karakter patogen tanaman, tujuan uji hipersensitif untuk memisahkan karakter bakteri yang bersifat saprofit dan membawa sifat patogen pada tanaman (Marsaoli et al., 2020). Sehingga isolat-isolat yang berpotensi sebagai agens pengendali hayati berjumlah 14 isolat yaitu D91, A91, A103, A1041, A1043, R22, R231, R232, R252, P232, P233, A2322, R24, dan A261.

Tabel 2. Karakter Biokimia dan Aktivitas Antagonisme Bakteri Endofit

Kode isolat	Enzim Proteolitik	Enzim Amilolitik	Melarutkan Fosfat	Fiksasi Nitrogen	Antagonisme thp <i>F.oxysporum</i>
D91	(+)	(-)	(+)	(+)	86,91%
A91	(-)	(+)	(-)	(+)	8,88%
A103	(+)	(+)	(+)	(+)	23,91%
A1041	(-)	(+)	(-)	(+)	0%
A1043	(+)	(+)	(+)	(+)	0%
R12	(-)	(-)	(-)	(-)	0%
R22	(+)	(-)	(+)	(-)	0%
R231	(+)	(+)	(+)	(+)	0%
R232	(+)	(+)	(+)	(+)	23,91%
R252	(-)	(+)	(-)	(+)	0%
P232	(-)	(+)	(-)	(+)	32,60%
P233	(+)	(+)	(+)	(+)	0%
A2321	(-)	(-)	(-)	(-)	0%
A2322	(+)	(+)	(-)	(+)	8,88%
R24	(-)	(+)	(+)	(+)	2,5%
P251	(-)	(-)	(-)	(-)	0%
A261	(-)	(-)	(-)	(-)	12,5%



Berdasarkan data pada Tabel 2 diketahui bahwa hasil pengujian enzim ekstraseluler dari 17 isolat, 9 di antaranya memiliki kemampuan menghasilkan enzim protease. Bakteri endofit dapat memanfaatkan nutrisi media dengan memproduksi enzim ekstraseluler seperti protease untuk memecah protein menjadi asam amino. Semakin tinggi produksi enzim protease dipengaruhi oleh metabolisme bakteri endofit dalam melakukan pembelahan sel dan sintesis enzim. Enzim proteolitik memecah protein secara khusus dengan mekanisme hidrolisis (Abou-Elela *et al.*, 2011). Protease yang digunakan secara komersial, seperti serin, protease, dan metalloprotease, biasanya berasal dari *Bacillus subtilis*, yang memiliki produksi enzim dan kapasitas ekskresi yang tinggi (Mubarokhah *et al.*, 2020).

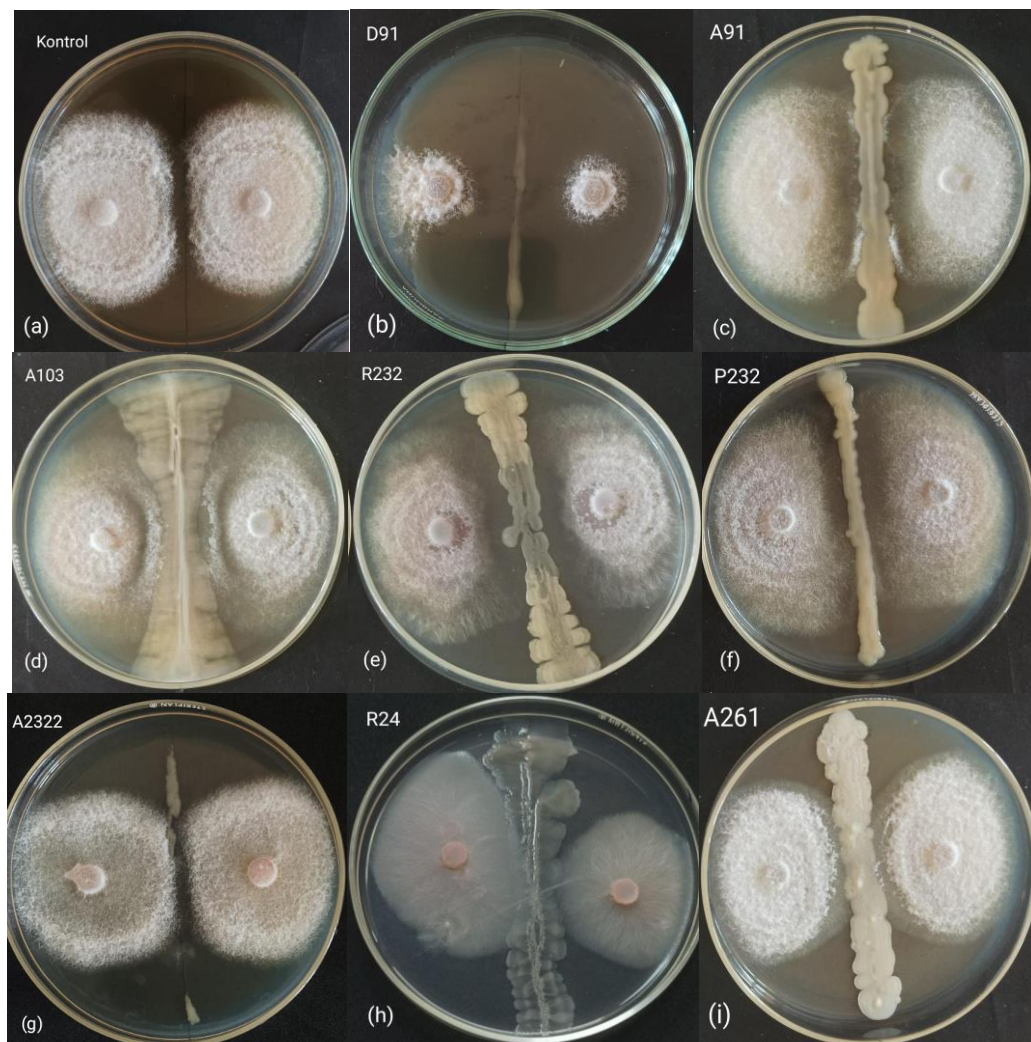
Pengujian enzim amilolitik menghasilkan 11 isolat yang mampu menghasilkan enzim amilase. Aktivitas enzim amilase diuji dengan meneteskan iodin sebagai larutan indikator ke permukaan media kultur tempat bakteri tumbuh. Zona bening pada isolat bakteri setelah penambahan iodium, hasilnya dianggap positif, namun jika tidak ada zona bening sekitar koloni, hasilnya dianggap negatif. Isolat bakteri memiliki kebutuhan sumber karbon yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi ada tidaknya zona bening sekitar koloni (Ginting & Kusdiyantini, 2018). Isolat bakteri dengan uji amilolitik positif menghasilkan peningkatan aktivitas enzim karena bakteri menggunakan pati sebagai substrat untuk sekresi enzim amilase.

Aktivitas enzim ekstraseluler dari bakteri endofit berperan penting dalam menghambat patogen, didukung dengan penelitian yang menambahkan bahwa peran enzim ekstraseluler juga mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Rafanomezasantosa (2023) melaporkan aktivitas enzim amilase dapat menghambat jamur fitopatogen dengan kompetisi ruang untuk mendapatkan nutrisi, amilase juga membantu pertumbuhan tanaman dengan mendegradasi pati dalam tanah yang mengandung pati sebagai sumber karbon. Produksi enzim amilase dipengaruhi oleh pertumbuhan sel. Produksi enzim protease dikenal sebagai salah satu enzim litik yang mampu melawan patogen tanaman. Ditemukan strain antagonis *Bacillus amyloliquefaciens* dari basil tanah yang menghasilkan protease yang bersifat biokontrol terhadap *F.oxysporum* dan *Altenaria alternata* (Majumdar, 2017). Selain itu, peran enzim protease menunjukkan toleran garam dari strain *Bacillus pumilus* M3-16 terhadap jamur fitopatogen (Essghaier *et al.*, 2009). Dengan aktivitas enzim amilase dan protease yang berperan sebagai biokontrol dan pendukung pertumbuhan tanaman berpotensi sebagai agens hayati tanaman.

Hasil pengujian isolat bakteri yang mampu melarutkan fosfat ada 8 isolat. Tanaman mampu menyerap fosfor dari dalam tanah bentuk ion fosfat, asam nukleat, fitin, dan fosfohumat. Terbentuknya zona bening menunjukkan bahwa bakteri mampu melarutkan fosfat, dan terbentuklah zona bening di sekitar koloni. Isolat tersebut mampu menghasilkan asam organik yang dapat berikatan dengan ion Ca^{2+} membentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ senyawa dalam medium Pikovskaya melepaskan ion H_2PO_4^- dan membentuk zona bening (Asril & Lisafitri, 2020). Genus bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Thiobacillus* sp., *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Escherichia freundii*, *Cunninghamella*, *Bravibacterium* spp., *Serratia* spp., *Alcaligenes* spp., dan *Achromobacter* spp.

(Amaria *et al.*, 2019). Nugraha (2019) melaporkan 15 isolat yang mampu melarutkan fosfat dengan genus yang mirip dengan Burkholderia.

Hasil pengujian fiksasi nitrogen didapatkan 13 isolat yang dapat memfiksasi nitrogen. Fiksasi nitrogen biologis bergantung pada serangkaian proses di mana bakteri mengubah nitrogen menjadi bentuk anorganik, yang kemudian diserap oleh tanaman. Bakteri ini dapat mengikat nitrogen di atmosfer melalui non-simbiosis (bakteri pengikat nitrogen yang hidup bebas) dan simbiosis (bakteri pembentuk nodulasi) dengan tanaman (Rodrigues *et al.*, 2018). Penelitian eksplorasi bakteri endofit dari hutan mangrove yang dapat memfiksasi nitrogen ditemukan tiga genus yaitu *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan *Pseudomonas* (Santoso, 2019). Genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, dan *Clostridium pasteurianum* dikategorikan genus bakteri yang mampu memfiksasi nitrogen non-simbiosis (Kaburuan *et al.*, 2014).



Gambar 2. Hasil Uji Aktivitas Antagonisme

Hasil uji antagonisme *in vitro* terhadap *Fusarium oxysporum* menunjukkan potensi bakteri endofit dari 20 isolat hanya 9 isolat yang mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* pada media YPGA dengan kisaran daya hambat paling



rendah 2,5% - 86,91% memiliki kemampuan daya hambat paling besar yaitu 86,91% pada isolate D91 (Tabel 2). Kemampuan daya hambat isolate bakteri endofit ditunjukkan dengan jari-jari pertumbuhan koloni *F. oxysporum* yang diberi lebih kecil dibandingkan dengan kontrol akibat adanya aktivitas penghambatan oleh isolat bakteri (Gambar 2). Isolat D91 menunjukkan diameter koloni *F. oxysporum* paling kecil yang menandakan penghambatan paling besar. Zona hambat yang muncul merupakan aktivitas bakteri dalam memproduksi senyawa tertentu untuk menghambat pertumbuhan patogen.

Mekanisme antibiosis berupa enzim proteolitik, amilolitik, dan induksi ketahanan tanaman inang dari bakteri endofit terhadap jamur patogen (Hallmann et al., 1997). Isolat pada Gambar “c – i” menunjukkan pertumbuhan hifa tidak normal jika dibandingkan dengan hifa patogen *F. oxysporum* perlakuan kontrol (gambar a). Struktur hifa yang lebih tipis dipengaruhi oleh aktivitas enzim yang berfungsi sebagai antifungi, sehingga senyawa antifungi dapat disekresi oleh bakteri dan merubah struktur dinding sel serta hifa *F. oxysporum*. Kompetisi ruang dan nutrisi yang dilakukan bakteri endofit merupakan indikator kecepatan pertumbuhan jamur patogen, semakin lambat pertumbuhan jamur patogen semakin efektif aktivitas antagonis bakteri endofit. Yuliar *et al.* (2015) melaporkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dengan induksi resistensi dan antibiosis yang menghasilkan senyawa (kitinase, surfactin, dan iturin). (Oktaviana & Haryono, 2022) juga melaporkan potensi bakteri endofit dalam menghambat jamur patogen *Colletotrichum* sp. dengan rentang zona hambat 26,73%-38,84%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ada 4 isolat yang memiliki potensi menghambat *F. oxysporum* dari 20 isolat yang didapatkan dari hasil isolasi seleksi bakteri endofit. Potensi isolat bakteri endofit yang memiliki daya hambat efektif terhadap *F. oxysporum* melalui uji antagonis berasal dari isolat D91 sebesar 86,91% dan memiliki kemampuan menghasilkan enzim protease, melarutkan fosfat, dan memfiksasi N. Sehingga isolat ini dikategorikan memiliki potensi sebagai agens hayati.

SARAN

Penelitian selanjutnya perlu diuji aktivitas antagonisme bakteri endofit dari tanaman jahe dengan jamur maupun bakteri patogen tanaman lain. Sebagai evaluasi potensi bakteri endofit yang lebih baik dari penelitian yang telah dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DRPM UKSW atas dukungan dana untuk penelitian ini melalui hibah penelitian tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

Abou-Elela, G.M., Ibrahim, H.A.H., Hassan, S.W., Abd-Elnaby, H., El-Toukhy, N.M.K., 2011. Alkaline protease production by alkaliphilic marine bacteria



- isolated from Marsa- Matrouh (Egypt) with special emphasis on *Bacillus cereus* purified protease. *African Journal of Biotechnology*. 10, 4631-4642.
- Amaria, W., Kasim, N.N., Munif, A., 2019. Kelimpahan Populasi Bakteri Filosfer, Rizosfer, Dan Endofit Tanaman Kemiri Sunan (*Reutealis Trisperma* (Blanco) Airy Shaw), Serta Potensinya Sebagai Agens Biokontrol. *J. Tabaro Agric. Sci.* 3, 305. <https://doi.org/10.35914/tabaro.v3i1.200>
- Asril, M., Lisafitri, Y., 2020. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus *Pseudomonas* dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera. *J. Teknol.Lingkung*.21,40–48. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3743>
- Brenner, D., Krieg, N., Staley, J., 2005. *Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology* Second Edition. Department of Microbiology and Molecular Genetics Michigan State University.
- Buak, A., Fallo, G., Pardosi, L., 2022. Seleksi Dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Pada Perakaran Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L) Dan Tomat (*Solanum lycopersicum* L) Di Kabupaten Belu. *JP&B*. 9, 34-41.
- Chandra, T.J., Mani, P.S., 2011. A study of 2 rapid tests to differentiate Gram positive and Gram negative aerobic bacteria. *J. Med Allied Sci.* 1, 84-85.
- Choirunnisa, H.N., Sari, R.Y., Hastuti, U.S., Witjoro, A.W., 2018. Identifikasi dan Uji Kemampuan Hidrolisis pada Bakteri Amilolitik dan Proteolitik yang Diisolasi dari Wadi, Makanan Khas Kalimantan Tengah. *bionature* 18.<https://doi.org/10.35580/bionature.v18i2.6138>
- Essghaier, B., Bejj, M., Jijakli, H., Boudabous, A., Sadfi-Zouaoui, N., 2009. High salt-tolerant protease from a potential biocontrol agent *Bacillus pumilus* M3 16. *Ann. Microbiol.* 59, 553–558. <https://doi.org/10.1007/BF03175145>
- Ginting, L., Kusdiyantini, E., 2020. Isolasi Bakteri Endofit Tanaman Pepaya (*Carica Papaya* L.) Dan Uji Aktivitas Enzim Amilase. *J. Berkala Bioteknologi*. 3, 1-7.
- Gupta, G., Parihar, S., Ahirwar, N., Snehi, Dr.S.K., Singh, V., 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *J. Microb. Biochem. Technol.* 07. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F., Kloepper, J.W., 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.* 43, 895–914. <https://doi.org/10.1139/m97-131>
- Jha, P.N., Gupta, G., Jha, P., Mehrotra, R., 2013. Association of Rhizospheric/Endophytic Bacteria with Plants: A Potential Gateway to Sustainable Agriculture. *Greener J.Agric. Sci.* 3.
- Kabul Santoso, R., 2019. Eksplorasi Bakteri Penambat Nitrogen dari Tanah Hutan Mangrove Sungai Peniti, Kabupaten Mempawah. *Protobiont* 8. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i1.30855>
- Kaburuan, R., Hapsah, H., Gusmawartati, G., 2014. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Penambat Nitrogen Non-Simbiotik Tanah Gambut Cagar Biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu. *J. Agroteknologi* 5, 35–39. <https://doi.org/10.24014/ja.v5i1.1146>



- Majumdar, S., 2017. Optimization of protease production from plant growth promoting *Bacillus amyloliquefaciens* showing antagonistic activity against phytopathogens. *Int. J. Pharma Bio Sci.* 8, 635–642. <https://doi.org/10.22376/ijpbs.2017.8.2.b635-642>
- Keliat, J.M., 2017. Uji Antagonis *Fusarium* Sp. Pada Kangkung Belerang Terhadap Isolat Kitinolitik LT4 Dari Limbah Cair Tahu. *J. Biosains* 3, 140. <https://doi.org/10.24114/jbio.v3i3.7899>
- Marsaoli, F., Matinahoru, J.M., Leiwakabessy, C., 2020. Isolasi, Seleksi, dan Uji Antagonis Bakteri Endofit diisolasi dari Salawaku (*Falcataria mollucana*) dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan Patogen *Cercospora* spp. *Agrologia* 8. <https://doi.org/10.30598/a.v8i2.1009>
- Milliana, A., Safitri, W., 2015. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Endofit Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) Sebagai Penghasil Senyawa Antifungi Terhadap *Candida albicans*. *El-HayahJurnal Biol.* 5, 49–63. <https://doi.org/10.18860/elha.v5i2.3020>
- Mubarokhah, L., Wijanarka, W., Rukmi, M.I., 2020. Isolasi dan penapisan bakteri proteolitik endofit tanaman pepaya (*Carica papaya* L.). *NICHE J. Trop. Biol.* 3, 99–104.
- Nafissa, S., Mohammed, B., Adamu Y., U., Nageshvar, P., Laura, C., Alessandra, C., Khaoula, T., 2020. Environmental risk assessment of pesticide use in Algerian agriculture. *J. Appl. Biol. Biotechnol.* <https://doi.org/10.7324/JABB.2020.80505>
- Nor, M.N.M., 2020. Isolation and Characterization of Effective Microorganism from Oil Palm Rhizospheric Soil and Evaluation of Their Potential as Biofertiliser. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 515, 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012040>
- Oktafiyanto, M.F., Munif, A., Mutaqin, K.H., 2018. Aktivitas Antagonis Bakteri Endofit Asal Mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. *J. Fitopatol. Indones.* 14, 23. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.1.23>
- Oktaviana, M.A., Haryono, N.Y., 2022. Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap Fungi Patogen *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Stroberi (*Fragaria x ananassa*). *Live and Applied Science.* 1, 86-94.
- Patel, G., Singh, S., Saxena, S.K., Kamal, J., Kaur, Patel, M., 2016. Isolation, Biochemical Characterization and Production of Biofertilizer from *Bacillus megaterium*. *Int. J. Life- Sci. Sci. Res.* 2, 749–752. <https://doi.org/10.21276/ijlssr.2016.2.6.16>
- Prayoga, P., Muhsinin, S., Marlioni, L., 2021. Review: Karakterisasi Dan Pemanfaatan Bakteri Endofit Yang Berasal Dari Familia Zingiberaceae Di Bidang Farmasi. *JOPS J. Pharm. Sci.* 4, 51–60. <https://doi.org/10.36341/jops.v4i2.1885>
- Priyanka, B.V., Nagesha, S.N., Nagaraj, M.S., Girish, H.C., Nagesha, N., Govinda, G., Bhavani, P., Kumaraswamy, R.V., 2022. Antifungal Activity of Lipopeptides from *Bacillus subtilis* Isolates Against Rhizome Rot of Ginger Caused by *Fusarium oxysporum* and *Pythium aphanidermatum*. *Mysore J. Agric Sci.* 56, 349-357.



- Rafanomezantsoa, P., Gharbi, S., Karkachi, N., Kihal, M., 2023. Optimization of amylase production by the biological control agent *Bacillus halotolerans* RFP74 using response surface methodology. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 21, 63. <https://doi.org/10.1186/s43141-023-00519-4>
- Rodrigues, M.Â., Ladeira, L.C., Arrobas, M., 2018. *Azotobacter*-enriched organic manures to increase nitrogen fixation and crop productivity. *Eur. J. Agron.* 93, 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.002>
- Schaad, NW, JB Jones, and W Chun. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3rd Edition.* St. Paul. The American Phytopathological Society.
- Singh, R., Jagtap, G.P., 2017. In Vitro Evaluation of Antibacterial Chemicals and Bioagents against *Ralstonia solanacearum* Infecting Bacterial Wilt in Ginger. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 6, 2034–2045. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.227>
- Umesha, S., Richardson, P., Kong, P., Hong, C., 2008. A novel indicator plant to test the hypersensitivity of phytopathogenic bacteria. *J. Microbiol. Methods* 72, 95–7. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.11.002>
- Yuliar, Nion, Y.A., Toyota, K., 2015. Recent Trends in Control Methods for Bacterial Wilt Diseases Caused by *Ralstonia solanacearum*. *Microbes Environ.* 30, 1–11. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME14144>
- Zhou, D., Huang, X.-F., Chaparro, J., Badri, D., Manter, D., Vivanco, J., Guo, J. H., 2016. Root and bacterial secretions regulate the interaction between plants and PGPR leading to distinct plant growth promotion effects. *Plant Soil* 401. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2743-7>
- Zhou, G., Wang, Q., Wang, Y., Wen, X., Peng, H., Peng, R., Shi, Q., Xie, X., Li, L., 2023. Outer Membrane Porins Contribute to Antimicrobial Resistance in Gram-Negative Bacteria. *Microorganisms* 11, 1690. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071690>